



# Bandtraktorer - något för framtiden?

En ekonomisk jämförelse mellan hjul- och bandtraktorer

Fakulteten för Landskapsplanering, trädgårds- och jordbruksvetenskap

**Mattias Ekenvi Friberg och John Karlzén**

2010

SLU, Sveriges lantbruksuniversitet  
Fakulteten för Landskapsplanering, trädgårds- och jordbruksvetenskap, LTJ

Författare:

**Mattias Ekenvi Friberg och John Karlzén**

Titel:

**Bandtraktorer - något för framtiden?**

*Track tractors - something for the future?*

Program/utbildning:

**Lantmästarprogrammet**

**Lantbruksvetenskap**

Huvudområde:

**Lantbruksvetenskap**

Nyckelord (6-10 st):

**bandtraktor, markpackning, slirning, anläggninsyta, track tractor, soil compaction**

Handledare:

**Lena Haby**

Examinator:

**Sven-Erik Svensson**

Kurskod:

**EX0351**

Kurstitel:

**Examensarbete för lantmästarprogrammet inom lantbruksvetenskap**

Omfattning (hp):

**10**

Nivå och fördjupning:

**Grund**

Utgivningsort:

**Alnarp**

Månad, År:

**Maj 2010**

Serie:

**Självständigt arbete vid LTJ-fakulteten**

Omslagsfoto:

**Mattias Ekenvi Friberg**

# FÖRORD

Lantmästarprogrammet är en två-årig universitetsutbildning vilken omfattar 120 högskolepoäng (hp). En av de obligatoriska delarna i denna är att genomföra ett eget arbete som ska presenteras med en skriftlig rapport och ett seminarium. Detta arbete kan t.ex. ha formen av ett mindre försök som utvärderas eller en sammanställning av litteratur vilken analyseras. Arbetsinsatsen ska motsvara minst 6,7 veckors heltidsstudier (10 hp).

Idén till studien kom från Mattias Ekenvi Friberg och John Karlzén. Det här examensarbetet behandlar ett av många områden inom lantbrukets teknik, ett ämne som alltid intresserat oss.Handledare under arbetets gång har varit agronom Lena Haby, Område Jordbruk SLU Alnarp.

Ett varmt tack riktas till Bo Lenander på Trelleborg Industri AB som har varit till stor hjälp genom sina råd och fakta kring hur ett däck arbetar och dess fysiska egenskaper. Johan Dahlqvist på Maskingruppen i Ängelholm vill vi tacka för hans hjälp med råd och fakta om hur en bandtraktor fungerar i praktiken. Anders Gerdtsen tackas för hans välvilliga inställning att dela med sig av sina egna erfarenheter kring bandtraktorns funktion i praktiken och framför allt i ett plöjt odlingsystem. Avslutningsvis riktas ett stort tack till Jan Alwén på Torsjö gård som ställde upp med bandtraktor, kultivator och försöksplats så att vi kunde utföra vårt fältförsök på ett tillfredsställande sätt. Som tack för lån av hjultraktor i samma försök riktar vi oss till inspektör Johan Karlzén på Rydsgårds Gods AB.

Alnarp maj 2010.

John Karlzén och Mattias Ekenvi Friberg

# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING .....	3
SUMMARY .....	4
INLEDNING .....	5
BAKGRUND .....	5
SYFTE .....	5
AVGRÄNSNING .....	5
FRÅGESTÄLLNINGAR .....	5
LITTERATURSTUDIE .....	6
HUR PÅVERKAS JORDEN AV MARKPACKNING? .....	6
HUR UNDVIKS SKADLIG MARKPACKNING? .....	8
MARKENS HÅLLFASTHET .....	9
ANLÄGGNINGSYTAN .....	10
SLIRNING OCH JORDENS EGENSKAPER VID OLIKA VATTENHALT .....	11
SLIRNINGEN HOS BAND KONTRA HJUL .....	12
MÖJLIGHETER OCH PROBLEM MED BANDDRIFT .....	15
MATERIAL OCH METOD .....	16
METOD .....	16
FÖRSÖKSUPPLÄGG .....	17
MATERIAL .....	18
PROVTAGNING .....	20
RESULTAT .....	21
VAD KOSTAR MARKPACKNINGEN? .....	21
FÖRSÖKET .....	22
KOSTNADSKALKYL .....	24
ENKÄTUNDERSÖKNINGEN .....	25
DISKUSSION .....	28
LITTERATURSTUDIEN .....	28
FÖRSÖKET .....	28
FRÅGEFORMULÄRET .....	29
SLUTSATSER .....	30
REFERENSER .....	31
SKRIFTLIGA .....	31
MUNTliga .....	32
BILAGOR .....	33
FRÅGEFORMULÄRET .....	33

## SAMMANFATTNING

Idag strävar lantbrukaren efter allt större brukningsenheter för att kunna bli så kostnadseffektiv som möjligt. För att vara effektiv krävs stora maskiner med hög avverkning per timme. Bandtraktorer vinner allt mer mark med god framkomlighet på väg och lägre marktryck i fält. Hög effekt tas lättare ut med hjälp av banden.

Syftet med undersökningen är bland annat att ta reda på om det är ekonomiskt fördelaktigt att köra på band jämfört med hjul. Genom en väl genomarbetad maskinkalkyl innehållande packningens kostnader i olika odlingssystem, plöjt och reducerat, kan man klart och tydligt se när man vinner på bandtraktorn trots det högre inköpspriset. Hur bandtraktorn påverkar jorden jämfört med motsvarande hjultraktor undersöks via litteraturstudien och genom ett eget försök i fält. Arbetet är avgränsat till att endast jämföra bandtraktorer och hjultraktorer som är serieproducerade. Tröskor, andra lantbruksmaskiner och hemmabyggen som kan ha banddrift tas inte hänsyn till. En enkätundersökning har skickats ut till 15 användare där frågor angående användarvänligheten och arbetsområden för bandtraktorer har besvarats. Dessa 15 användare kom vi i kontakt med genom återförsäljare, vilket gör att egenimporterade maskiner och dess användare inte kunnat nås.

I litteraturstudien har frågor som rör markpackning och dess verkningar besvarats. Ökad markpackning leder bland annat till försämrad växtnäringstillgänglighet i marken, sämre infiltration och lägre porositet. Syrehalten i marken minskar och det mikrobiella livet får en sämre arbetsmiljö. En lagom packad jord bildar ett fungerande kretslopp med bra näringsupptag och hög skörd, tvärtom för en strukturskadad jord.

Banddriftens möjligheter och svårigheter har undersökts och det har visat sig att bandtraktorn måste fungera i ett traditionellt jordbruk med plog för att den ska få en större genomslagskraft i Sverige. Om bandtraktorn används med plog är on-land plöjning att föredra då mindre risk för skadlig alvpackning föreligger samtidigt som banden hålls renare.

Till försöket användes två relativt likvärdiga traktorer, en med hjul och en med banddrift. En försöksplan lades upp med fyra block där olika mätningar gjordes efter överfart av band respektive hjul. Penetrometermotstånd, skrymdensitet och infiltrationshastighet mättes vid tre olika djup, 10, 30 och 50 cm. Dessa undersökningar ger svar på hur markprofilen har påverkats av band- respektive hjultraktorn. Resultatet från vårt försök visade inte på någon signifikant skillnad. Det skilde alltså inget mellan band och hjul i hur de påverkade marken. Jorden där försöket var placerat hade låg vattenhalt och god struktur, vilket gjorde förhållandena optimala för minimal jordpackning.

Enligt arbetet uppnås en ekonomisk brytpunkt vid 780 hektar konventionellt brukad areal. Över denna areal är en bandtraktor en lönsam investering om endast hänsyn tas till markpackningen. Om andra faktorer som t.ex. smalare transportbredd tas med i beräkningen kan denna brytpunkt bli ännu lägre för den enskilda gården. Bandtraktorer kommer på stark front och är framtiden.

## SUMMARY

Today the farmer has a quest to get larger and larger farm units to become as cost-efficient as possible. To be effective you need big machinery with high field efficiency to work more acres per hour. Track tractors is becoming more and more interesting for Swedish farmers with its possibility to have a smaller transport width and still have a low ground pressure on the field. It is also easier to take out more horsepower and traction from the tracks compared with wheels.

The aim of this study is to find out when it's economically beneficial to drive a track tractor compared with a wheel tractor. Thru a well-worked machine calculation consistent of soil compactions cost in different farming system, with or without ploughing, can you clearly see when the track tractor is motivated despite the higher purchase price. How the track tractor affect the soil compared to a similar wheel tractor is analyzed in the literature study and thru a field experiment. The work is defined to just compare track tractors with wheel tractors. Combines and other farm machinery is not under our consideration. A questionnaire study was sent out to 15 track tractor users, their name and addresses came from different resellers. It consisted of a series of questions regarding usability and working areas.

In the literature study questions regarding soil compaction and its impressions have been answered. With intense soil compaction the soil gets more difficult to cultivate, higher losses of nutrition to the environment and poor microbial activity. Another negative aspect is a slower infiltration of water and absence of oxygen in the soil. Moderately compacted soils have a bigger chance to assimilate nutrition to the crop than bad compacted soils have.

The possibilities and difficulties of track tractors have been investigated and it shows that track tractors must work well in agriculture system with plough to get popular among farmers in Sweden. If the track tractor is used for ploughing it's recommended to use an on-land plough because it's a lower risk for deep soil compaction and the tracks stay more clean.

To the field experiment two similar tractors were used, one with wheels and one with tracks. The two different systems were tried four times in four different squares and different tests were taken. Penetrometer resistance, bulk density and infiltration capacity were measured at three different depths; 10, 30 and 50 cm. These tests answered on how the soil reacted on compaction from the track tractor and from the wheel tractor. The test results didn't point on any significant difference between the two tractors. The soil on the test location was very dry and had a good structure which made the conditions good for minimal soil compaction.

According to this work an economical breaking point is when you have more than 780 hectares on a conventional agriculture farm. Above this area the track tractor is profitable if only soil compaction is to consideration. If other facts like smaller transport width is considered the area can be even lower. Track tractors are the future for efficient farming on larger farms.

# INLEDNING

## BAKGRUND

Bandtraktorer är något som används av fler och fler lantbrukare. Med lägre slirning och mindre packning är det möjligt att spara pengar. Den stora kapaciteten hos en bandtraktor är positiv och är något som är önskvärt i dagens alltmer rationaliserade lantbruk. Stordriftsfördelar innebär att större och större redskap köps in och används vid jordbearbetning och sådd. Här kommer bandtraktorns plats att bli mer och mer tydlig. Det beror till viss del på deras ofta, väldigt kraftfulla motorer men samtidigt har banden ett helt annat sätt att arbeta mot underlaget som gör dem intressanta ur framdrivningssyfte jämfört med hjul.

## SYFTE

Användningen av bandtraktorer i Sverige skulle undersökas och ett försök att hitta den ekonomiska brytpunkten för när det lönar sig att köpa en bandtraktor istället för en hjultraktor. Syftet är att undersöka om och i så fall när bandtraktorn har en ekonomiskt försvarbar position i den svenska jordbruksdriften.

## AVGRÄNSNING

Detta examensarbete begränsas till bandtraktorer. Tröskor eller andra lantbruksmaskiner som skulle kunna gå på band kommer inte att behandlas. Endast serieproducerade bandtraktorer kommer att undersökas, inga hemmabyggen. Försöket som skulle genomföras skulle endast jämföra hur det ser ut i packning efter en hjul- respektive bandtraktor. Vidare har försöket utförts på endast en plats under ett tillfälle.

## FRÅGESTÄLLNINGAR

- Hur påverkas jorden av markpackning?
- Hur undviks skadlig markpackning?
- Vilka möjligheter och problem finns med banddrift?
- Hur mycket lägre är slirningen med band- i genomsnitt jämfört med en hjultraktor?
- Hur mycket pengar kan sparas genom den lägre slirningen och packningen?
- Finns det någon kostnadsbesparing med band med alla aspekter invägda?
- Vem är användarna av bandtraktor?
- Vad är användarnas erfarenhet av bandtraktor?

# LITTERATURSTUDIE

## HUR PÅVERKAS JORDEN AV MARKPACKNING?

Med markpackning avses det tryck som jorden utsätts för genom yttre påverkan. När detta tryck överskrider jordens hållfasthet uppstår markpackning. Det förekommer alltid tryck i jorden av dess egentynghet som också är en form av markpackning, men här kommer endast hänsyn tas till den yttre påverkan från t.ex. traktorer, skördemaskiner och nederbörd (Lundberg och Wellander, 2010).

I princip påverkas alla egenskaper och processer som pågår i marken av packning. Både fysikaliska och biologiska faktorer förändras. När jorden utsätts för ökat tryck kommer porerna i jorden att deformeras och minska i storlek. Med en mindre andel porer i jorden möter kulturgrödorna på en rad problem. Markens vattengenomsläpplighet minskas vilket kan leda till syrebrist hos växten efter regniga perioder. Dräneringen fungerar sämre och växten blir torkkänsligare. När marken packas blir den totala volymen luftfyllda porer snabbt mycket mindre. Detta leder till ett sämre gasutbyte mellan luften och jorden. Om jorden är packad och har en dålig infiltration kommer en stor andel av porerna att vara vattenfyllda under längre tid än nödvändigt. En vattenfylld por leder livsviktigt syre ca 10000 gånger sämre än en luftfylld por, vilket gör makroporer och god infiltration livsviktiga för växterna (Håkansson, 2000).

Jordens penetrometermotstånd ökar med ökad packning. Detta är ett mått på hur stort motstånd växtens rötter möter i de olika lagren i jorden. Blir motståndet för högt kommer rötterna att hämmas i sin tillväxt och inte tränga ner på djupet. Detta leder till en svagare planta då vatten och näring måste tas ur ett grundare jordlager. Vissa jordarter har naturligt ett högre motstånd, det är oftast de aggregatsvaga jordarna som avses. T.ex. så har en sandjord naturligt högt penetrometermotstånd och kräver som regel en kraftigare luckring till ett större djup än en strukturstark lerjord. Lerjorden bildar aggregat och klarar av att hålla maskgångar och andra makroporer öppna av sig själv i större utsträckning (Håkansson, 2000).

En allt för kraftig luckring kan verka negativt. En viss återpackning av jorden är önskvärd för att skapa bra kontakt mellan jorden och växtens rötter. Vid torka kommer den kapillära förmågan vara mycket mindre i allt för lucker jord. Växterna kräver en viss ledningsförmåga för att ta upp vatten effektivt (Håkansson, 2000).

En fuktig jord har svagare bindningar mellan sina partiklar vilket leder till att jorden blir känsligare för packning. Jordens porvolym minskar vid packning, stora porer trycks samman och jorden får fler mikroporer som leder vatten mycket sämre. Det växttillgängliga vattnet minskar på detta vis i jordprofilen. När packningen skett har avståndet mellan de olika jordpartiklarna förskjutits mot varandra och jorden blir tätare. Detta skapar en mer hållfast jord som klarar högre packning vid nästa körning men blir i gengäld oerhört svårbrukad med högre dragkraftsbehov samt sämre gasutbyte och dålig vattenledningsförmåga för växterna som följd (Lundberg och Wellander, 2010).



De markbiologiska effekterna av packning är dåligt undersökta men man vet att allt påverkas i olika omfattning. Som exempel kan nämnas den organiska omsättningen som hela tiden fortskrider i jorden samt växtnäringsämnenas mineralisering. Det som är säkert är att alltför stark packning av marken hindrar organismerna att arbeta under optimala förhållanden (Håkansson, 2000).

Enligt Lundberg och Wellander (2010) orsakar den skadliga markpackningen en rad skördenedsättande effekter. Jorden får sämre avdunstning, växterna sämre groningen och rottillväxten hämmas med följdproblem som dålig vatten- och näringstillförsel.

Risken för denitrifikation ökar med sämre gasutbyte i jorden. Kväve försvinner iväg som lustgas. Syrekrävande processer kan inte fungera på ett tillfredställande sätt (Håkansson, 2000). Jorderosionen ökar till följd av försämrade infiltration och leder till ökat läckage av fosfor till våra vattendrag (Lundberg och Wellander, 2010). Se Figur 1.

Även risken för otillräcklig infiltration ökar med markpackning. En infiltration på fyra mm/timme anses vara tillräckligt för att klara ett normalt sommarregn som i genomsnitt ger tre mm/timme. Värdet på fyra mm/timme anses vara en kritisk gräns p.g.a. att dräneringseffekten är mycket dålig under detta värde. Har man infiltration under denna gräns och vill att dräneringen ska fungera krävs grusfickor och eventuell kalkning av de massor som återförs över dräneringen. (Berglund & Gustafson, 2008)

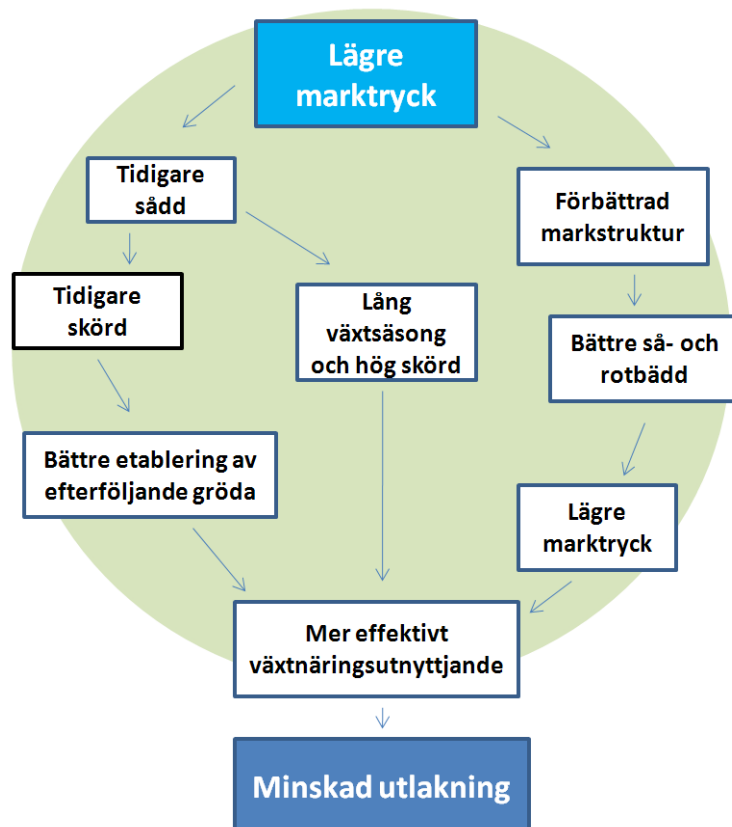


Fig.1. Fördelar med minskad markpackning. (Greppa, [www](http://www.greppa.se)).

Packningsskador framträder i både alven och matjorden. Packningen i matjorden är lättast att åtgärda medan skadorna i alven är mycket mer långvariga och bestående samt oerhört kostsamma att reparera om det ens är möjligt. I alven är den biologiska aktiviteten inte alls lika stor som i matjorden, vilket gör den känsligare för packning. Om matjorden har packats på ett skadligt sätt kommer en lite djupare bearbetning med kraftig luckringseffekt hjälpa en del mot den uppkomna skadan. Men även här blir det en mycket kostsam operation som helst bör undvikas (Lundberg och Wellander, 2010).

En packningsskadad jord kommer på lång sikt bli mycket kostsam med försämrad avkastning, sämre växtnäringssutnyttjande och flera, ur miljöns perspektiv, negativa effekter så som ökad urlakning av kväve och fosfor (Lundberg och Wellander, 2010).

## HUR UNDVIKS SKADLIG MARKPACKNING?

Den skadliga markpackningen kan till stor del begränsas genom mer planering bakom fältoperationerna. Körning ska inte ske under blöta förhållanden utan koncentreras till torra delar av året i så stor utsträckning som möjligt. Under våren och senhösten råder det störst risk för skadlig markpackning då vattenhalten är som högst i jorden. Har åkermarken en väl fungerande dränering kommer vattenhalten i jorden hållas vid en rimligare nivå. En god dränering leder till snabbare upptorkning under våren till vårbruket och efter regn. Med en väl-dränerad jordprofil skapas en bättre möjlighet för växternas rötter att växa på djupet. Rotvolymen ökar då med bättre vatten- och näringsutnyttjande som följd. När rotvolymen ökar kommer maskar och andra mikroorganismer i jorden att få mer organiskt material att jobba med och växer därmed i antal. Med ökat liv i jorden kommer mullhalten öka och makroporer bildas. Jorden får på detta sätt en bättre struktur (Lundberg och Wellander, 2010).

En annan viktig faktor som påverkar packningen är anläggningsytan och vikten från fordonet som kör på marken (se underrubrik, anläggningsytan). Olika lufttryck i däckens påverkar packningseffektens verkan i framförallt matjorden. När det gäller alvpackningen är det främst hjulvikten som påverkar. En maximal hjulvikt på 3 ton har lagts fram som en övre gräns innan alven tar skada. Självklart spelar däckets anläggningsyta också in, men denna regel fungerar bra i praktiken. Däckets lufttryck bör vara så lågt som möjligt vid respektive fältoperation. Vid dubbelmontage kan däcktrycket minskas radikalt, bakaxelns vikt delas nu på fyra hjul istället för två. Med minskat lufttryck i däckets ökar anläggningsytan och markpackningen minskas. När vikten halveras på hjulen mot tidigare singelhjul kommer även den mer djupgående packningen minskas (Lundberg och Wellander, 2010).

Körintensiteten på fältet styr i stor grad hur mycket packning det blir på fältet. På en normal västsvensk spannmålsgård kommer en och samma punkt på fältet köras över ca fyra gånger per år. Vid specialgrödor som t.ex. sockerbetor ökar körintensiteten till det dubbla (Håkansson, 2003). Antalet överfarter kan styras genom val av bearbetningssystem. I ett konventionellt system med plog kan t.ex. efterredskap hängda på plogen och en efterföljande bearbetande såmaskin klara etableringen av grödan i två överfarter. Om plöjning helt utesluts kan man ytterligare komma ner i körintensitet genom att t.ex. tillämpa direktsådd eller endast grund bearbetning innan sådd (Lundberg och Wellander, 2010). Med vanlig plöjning med hjultraktor i fåran kommer alven

utsättas för en oerhörd packningsrisk. När matjorden är nästan helt borta kommer traktorhjulet arbeta väldigt nära alven. För att minska denna risk rekommenderas plöjning med on-land plog (Keller et al., 2003).

## MARKENS HÅLLFASTHET

Med slirning avses en skjuvning av jorden där markpartiklarna glider över varandra. Krafterna från traktorns hjul eller band förmår jorden att röra sig eller deformeras längs ett skjuvningsplan, en parallell förflyttning över markytan. Slirning uppstår när skjuvspänningen som jorden utsätts för överstiger jordens skjuvhållfasthet (Arvidsson och Gustafson, 2010).

För att exemplifiera; vid ett jordskred eller ras har skjuvkrafterna överstigit skjuvhållfastheten i den glidyta som utvecklats. Det är fortfarande parallella krafter som verkar och *sammanhållningen mellan jordpartiklarna*, som finns genom kohesionskrafter (bindningskrafter) och friktionskrafter (den som rör sig och den som står stilla, parallella mot varandra), mellan de två ytorna har brustit. Kohesionen är den parameter som har störst inverkan på dragkraftsbehovet, denna parameter varierar mycket p.g.a. jordart och förhållandena i fält. Kraften mellan partiklarna i jorden (kohesionen) är som störst på de styva lerorna och minst på en sandjord. Friktionskrafterna är mer eller mindre konstanta och har inte samma bestämmande förmåga över skjuvhållfastheten som kohesionen har (Arvidsson och Gustafson, 2010).

Samtidigt inverkar spänningar vinkelrätt mot ytan, s.k. normalspänningar. Sambandet mellan skjuvspänningar och normalspänningar beskrivs enklast med att det genom ökad normalspänning (vinkelräta spänningen) krävs en ökad skjuvspänning (parallella spänningen) för att skjuva eller förflytta jorden (se Figur 2). Med ökad normalspänning kan en högre dragkraft tas ut utan att jorden deformeras (Arvidsson och Gustafson, 2010). Med detta förklaras varför en traktor med extra vikt kan ta sig fram bättre än en lättare traktor. Normalspänningen på markytan har ökat, vilket leder till att skjuvspänningen inte lika lätt överskrids och slirning kan undvikas. Detta gäller tills marken når en viss vattenhalt, efter det bli marken mjukare, då begränsas marktrycket av markens bärighet, vilket får till följd att traktorn eller maskinen sjunker. Men eftersom traktorn sjunker ökar också anläggningsytan och får till följd att marktrycket minskar, samtidigt packas marken under spåret och bärförmågan ökar igen (Greppa, [www](http://www.greppa.se)).

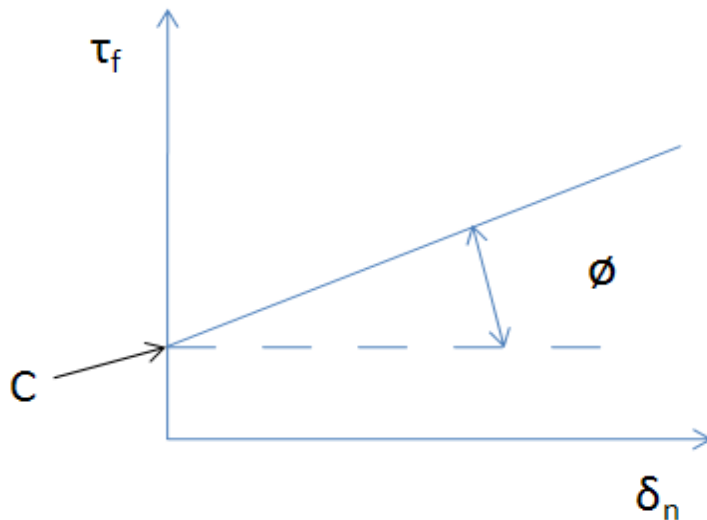


Fig. 2. Coulombs modell. Sambandet mellan normalspänning ( $\delta_n$ ) och jordens skjuvhållfasthet ( $\tau_f$ ). Då det inte verkar någon normalspänning är skjuvhållfastheten lika med jordens kohesion ( $C$ ). På en sandjord flyttas kohesionspilen längre ner på Y-axeln och på en lerjord gäller att kohesionskraften är större, kohesionspilen kan flyttas längre upp på Y-axeln (modifierad från Arvidsson och Dexter, 2002).

## ANLÄGGNINGSYTAN

För att minska markpackningen bör fordonsvikten fördelas över en större yta. Exempel på detta är att montera dubbelmontage på traktorn eller olika system med bandtraktorer. Banden bildar en oerhört stor anläggningsyta genom sin längd och större del av bandet är i kontakt med marken än ett vanligt hjul (Keller et al., 2003).

Anläggningsytan spelar också stor roll för möjligheterna att minimera skadlig markpackning. Att en bandtraktor kan ha en högre totalvikt än en hjultraktor, men samtidigt vara skonsammare mot marken beror på dess stora anläggningsyta som gör att det genomsnittliga marktrycket under ett bandställ ofta är lågt. En mätning gjord av Olsson (2010) i fält på en Fendt 936 med 710/85 R38 – däck bak och 650/75 R30 fram gavs en ungefärlig anläggningsyta av 2,25 m<sup>2</sup> med dubbelmontage på traktorn och en totalvikt på ca 11000 kg. Detta kan jämföras med en CAT Challenger MT 865 B som har en total anläggningsyta på 4,2 m<sup>2</sup> och en totalvikt på 21940 kg med front- och hjulvikter (Wernhoff, 2009). Med nästan dubbla anläggningsytan och en högre effekt hos bandtraktorn i exemplet ovan ökar möjligheterna för körning med större redskap men med samma markpackning som den mindre hjultraktorn. Detta leder till en minskad körintensitet (Håkansson, 2000).

Med två likvärdiga traktorer (en hjul- och en bandtraktor) vad gäller vikt och effekt minskar bl.a. spårbildningen som kan synas på våren efter uppkomst när en hjultraktor har jordbearbetat innan sådd (pers. medd., Gerdtsen, 2010).

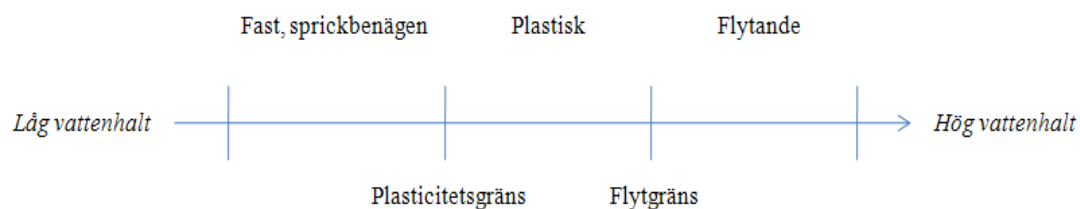
Ett försök som kan nämnas i sammanhanget är ett försök gjort i laboratoriemiljö. Där orsakade ett 635 mm brett och 2300 mm långt band belastat med 12 ton samma markpackning som ett 710 mm brett däck belastat med 4,5 ton (1 bar) (Ansorge & Godwin, 2009).

## SLIRNING OCH JORDENS EGENSKAPER VID OLIKA VATTENHALT

Slirning är en av de faktorer som bidrar till deformation av jorden. Det är den plastiska deformationen som har störst inverkan på packningen. En bestående volymförändring inträffar och jorden har tappat i porositet. De största porerna har sammanpressats med bl.a. sämre gasdiffusion som följd. Körning under blöta förhållanden, när jordens vattenhalt gör att den befinner sig över plasticitetsgränsen, får jorden att uppträda med plastiska egenskaper (se Figur 3). Detta innebär att ett högre dragkratsbehov erfordras, det blir en högre bränsleförbrukning och en större risk för förluster genom ökad slirning. Slirning uttrycks i procent och beräknas genom skillnad i hjulhastighet och verklig hastighet (Arvidsson et al., 2003). Se Ekvation 1.

$$S (\%) = \frac{(V_H - V_R)}{V_H} * 100$$

*Ekvation 1. Slirning (S) i procent räknas fram genom hjulets hastighet ( $V_H$ ) subtraherat med radarns hastighet ( $V_R$ ) (den verkliga hastigheten) och sedan dividerat med hjulets hastighet ( $V_H$ ) och multiplicerat med 100 (Arvidsson et al., 2003).*



*Fig. 3. Körning under blöta förhållanden, över plasticitetsgränsen, får jorden att anta plastiska egenskaper (modifierad från Arvidsson och Dexter, 2002).*

Enligt Lenander (pers. medd., 2010) gäller för hjultraktorer med tanke på hur däckets är utformat och hur det slirar under körning att bäst dragkraft fås vid en slirning av 15 – 25 %. Däcket arbetar sig ner till fastare jord och någonstans vid 15 – 25 % slirning planar slirningskurvan för ett däck ut och här finns maximal dragkraft. Enligt Turner (1993) slirar ett däck med ca 20 – 30 % för att full dragkraft ska kunna tas ut. Motsvarande dragkraftsuttag med band ger en slirning på ca 2 – 4 %.

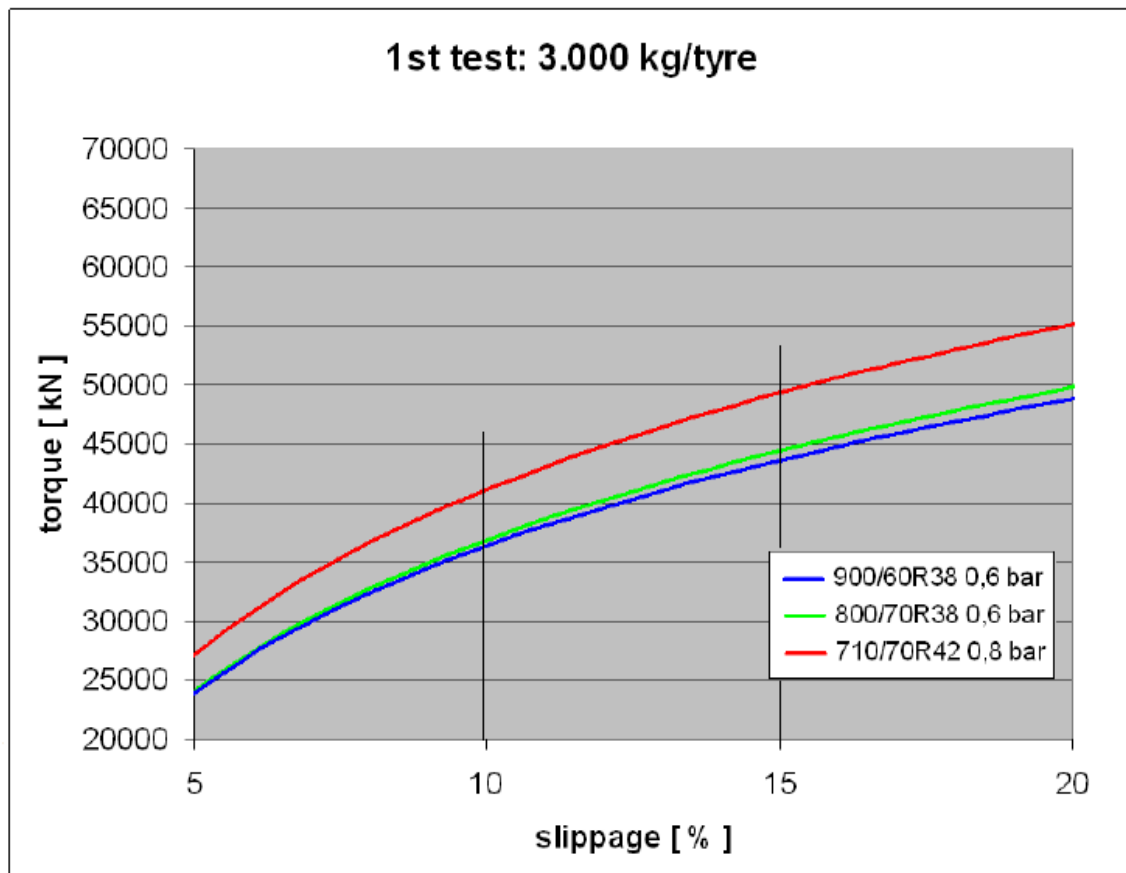
Bränsleförbrukningen måste dock vägas in för att få en hyfsad ekonomi och därför anses det idealt med 10 – 15 % slirning. Detta gäller när maximal dragkraft önskas. Det finns arbeten eller situationer när maximal dragkraft inte är önskvärt. I de fallen eftersträvas en så låg slirning som möjligt (Lenander, pers. medd., 2010).

## **SLIRNINGEN HOS BAND KONTRA HJUL**

Som en ekonomisk aspekt jämförs här slirningen mellan band- och hjultraktorer. Att räkna ut hur mycket en hjultraktor ”slirar bort” under ett år är inte helt lätt. Men med siffrorna från Lenander (pers. medd., 2010) får det antas att slirningsprocenten under ett odlingsår ligger kring 10 – 15 % med en hjultraktor.

Det skiljer givetvis mellan gårdar, odlingssystem och odlingsinriktning. Med tanke på de olika förutsättningarna och att dragkraften hänger samman med slirning är det inte orimligt med ca 10 % i slirning som ett genomsnitt, för en hjultraktor, under ett odlingsår (se Tabell 2). Vid varje gaspådrag, då en stor kraftöverföring från motor till hjul sker uppstår alltid en slirning. Detta hänger samtidigt samman med hjullasten och däckdimensionen. ”För breda” däck (900/60 R38 och 800/70 R38) tillsammans med ”för låg” hjullast (3000 kg) får däcken att slira tidigare, vid lägre dragkraftsuttag (se Figur 4).

## XL TYRES vs HP TRACTORS – Traction Test Results



*Fig. 4. Låg hjullast. Det smalare däcket (710/70 R42) arbetar med mindre slirning vid ett högre dragkraftsuttag än de bredare däcken (900/60 R38 och 800/70 R38) beroende på den lägre hjullasten. X-axeln anger slirning i procent (slippage) och Y-axeln anger kraften i kN (torque) som tas ut. (Bild från Trelleborg Industri AB).*

Dragkraften ökar alltid med ökad hjullast, skillnaden är att den ökar brantare med ett bredare däck. Ökad hjullast på ett bredare däck gör att dragkraften kan öka utan att slirningen skenar iväg. Detta till skillnad mot de smalare däcken vars dragkraftsrespons är en lägre, flackare kurva, och därmed fås en högre slirning till följd av den ökade belastningen (se Figur 5). Grovt uttryckt, så kräver större redskap större däck (Lenander, 2010).

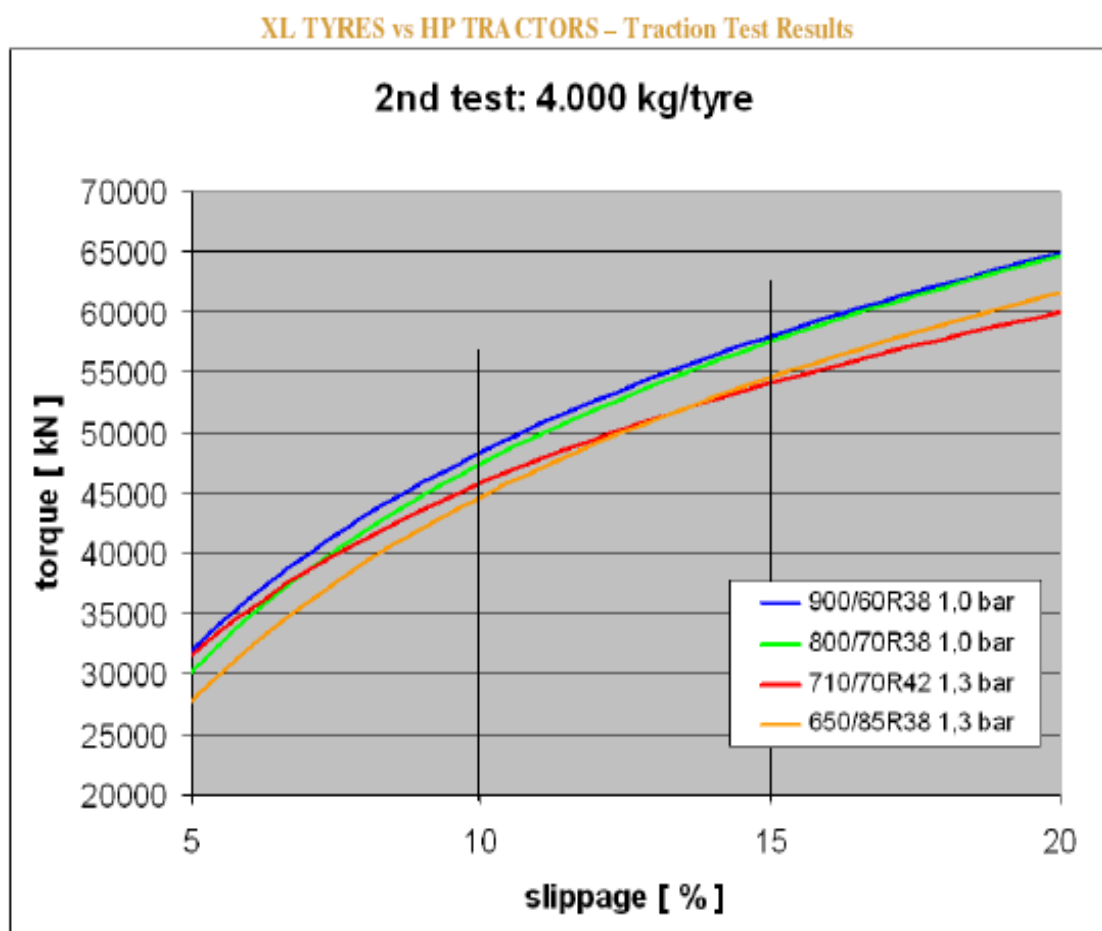


Fig. 5. Hög hjullast. Här kommer de bredare däcken (900/60 R38 och 800/70 R38) mer till sin rätt. De smalare däcken (710/70 R42 och 650/85 R38) har svårare att behålla greppet eftersom hjullasten är högre (4000 kg). X-axeln anger slirning i procent (slippage) och Y-axeln anger kraften i kN (torque) som tas ut. (Bild från Trelleborg Industri AB).

Slirningen hos en bandtraktor anges ofta till 0 – 4 %. De gånger då detta överskrids för en bandtraktor med två band t.ex. Challenger, är enligt Dahlqvist (pers. medd., 2010) vid vändning på vändteg och körning i skarpare kurvor då själva tekniken gör att innerbandet går saktare i jämförelse med yttrebandet som då slirar. En annan situation när hög slirning kan uppstå är när ena bandet eller bandparet går i extremt löst, vått och kladdigt underlag, medan det andra bandet eller bandparet går på fast mark. Vid körning rakt fram är slirningen oftast omkring 0 % även under relativt våta förhållanden. I Tabell 2 anges 2 % slirning för bandtraktorn, det är inte troligt att körning under ett helt år skulle innebära 0 % slirning hela tiden. Se Tabell 2.



## MÖJLIGHETER OCH PROBLEM MED BANDDRIFT

Anledningen till att just banddrift av traktorer börjar bli intressant är systemets minskade marktryck och den lägre slirningen jämfört med en likvärdig hjultraktor.

Anläggningsytan sprids ut på längden istället för på bredden vilket dessutom gör traktorn smalare. Den smalare traktorn är lättare att förflytta på allmän väg (Keller et al. 2003).

Om man endast ser till bandets yta och traktorns vikt borde inte packningsrisk förekomma. Men bandställets tekniska utformning medför att det bildas trycktoppar punktvis under bandets hela längd. Tryckrullar och drivhjul används för att bära upp traktorns vikt mellan bandet och chassit, mellanrummen kommer därför inte ha något större tryck på sig. På de moderna bandtraktorer används gummiband som ska verka skonsamt mot marken, men om bandet är för flexibelt kommer än större trycktoppar att uppenbara sig. Har bandet lite egen stadga kommer detta hjälpa tryckrullarna att sprida trycket längs hela bandet. Trots dagens moderna band har inte detta problem lösts till fullo (Håkansson, 2003). Ojämnt tryck under bandet är inte helt ovanligt och ojämn belastning även i bandets breddled förekommer med ett högre tryck i bandets centrala delar än ute i kanterna (Arvidsson och Trautner, 2002).

Vid ojämna dragkraftsuttag råder det svårigheter att belasta bandtraktorn på rätt sätt. En felaktigt lastad bandtraktor kan packa marken långt över det teoretiska genomsnittstrycket. Felaktig belastning kan uppstå vid högt dragkraftsuttag, detta eftersom belastningen skjuts över på bakdelen av bandtraktorn som får trycket att öka markant under vissa punkter av bandstället. Det har kommit fram i olika försök att dragpunktens läge i höjddled bak på traktorn spelar stor roll för hur belastningen kommer att fördela sig under banden (Wernhoff, 2009; Keller et al., 2003). Är traktorn för lätt lastad kommer bandens bakre del ta upp större del av traktorvikten och på detta sätt ge ett högre marktryck. Dragpunktens höjd i förhållande till dragkraftsuttag och viktfordelning är mycket mer känsligt med bandtraktor än med en hjultraktor (Keller et al. 2003).

Banddriften har några känsliga punkter som kan orsaka driftsstörningar, en av dessa är bandkrängning och skador på banden orsakade av inträngande skräp och sten mellan tryckrullarna och bandet. Vid skarpa svängar i stenig mark är problemet inte helt ovanligt. Även vid plöjning med bandet i fåran uppstår ibland detta problem. Samtidigt blir det en hög punktbelastning på bandets kant eftersom inte hela bandets bredd har kontakt med fåran (se Figur 6). Fördelarna med banddriften är en smalare transportbredd på traktorn med bibehållen anläggningsyta, lägre slirning och oftast lägre markpackning. Det finns även möjlighet att använda större redskap med samma effektklass på traktorn genom den minskade slirningen (Dahlqvist, pers. medd., 2010).

För att bandtraktorn ska få större genomslagkraft i Sverige måste lantbrukarna se att den fungerar även i det plöjda brukningssystemet. Vanligast idag är att man använder sig av plöjningsfritt på de gårdar som innehar en bandtraktor. I Sverige är trots allt ca 80 % av åkermarken fortfarande under plog. För att plöjning ska fungera bättre krävs fler användare av on-landplogar eller en ny teknisk innovation som hindrar smuts från att tränga in mellan bärhjul och band då bandtraktorn körs i fåran (Dahlqvist, pers. medd., 2010).

I ett försök utfört av Arvidsson och Westlin (2010) framkom att banden med sin stora kontaktyta i kombination med sin höga vikt skulle kunna utnyttja en betydligt effektstarkare motor. Omvänt kan det sägas att bandtraktorer byggs onödigt tunga i förhållande till sin effekt och anläggningsyta.



*Fig. 6. Bandtraktor i ett plöjt system fungerar, men on-landplöjning är att föredra. Smuts och sten tränger lätt in mellan bandet och tryckrullar vid körning i fåran. Dessutom fås packning direkt på alven.*

## MATERIAL OCH METOD

### METOD

Frågan ”När är det ekonomiskt försvarbart med en investering i en bandtraktor?” har undersökts. För det första har det skickats ut ett frågeformulär där inställningen till användningen utav band skulle utredas. För det andra har det genomförts en litteraturstudie kring ämnet i syfte att tolka andra försök med bandtraktorer och hjultraktorer och för att bringa mer klarhet i frågan hur markpackning påverkar

ekonomin på gården. Litteraturstudien blir samtidigt ett försök att hitta eventuella odlingsfördelar med bandtraktorn. Slutligen har ett eget försök genomförts, där packning av marken efter en hjultraktor och en bandtraktor med samma förutsättningar har undersökts. Egna beräkningar har gjorts med underlag från ovanstående studier.

## FÖRSÖKSUPPLÄGG

Försöket som gjordes i fält bestod i att undersöka skillnaden mellan en band- och en hjultraktor och undersöka hur marken påverkades av de olika systemen. Infiltration, skrymdensitet och penetrometermotstånd mättes på tre olika djup; 10, 30 och 50 cm.

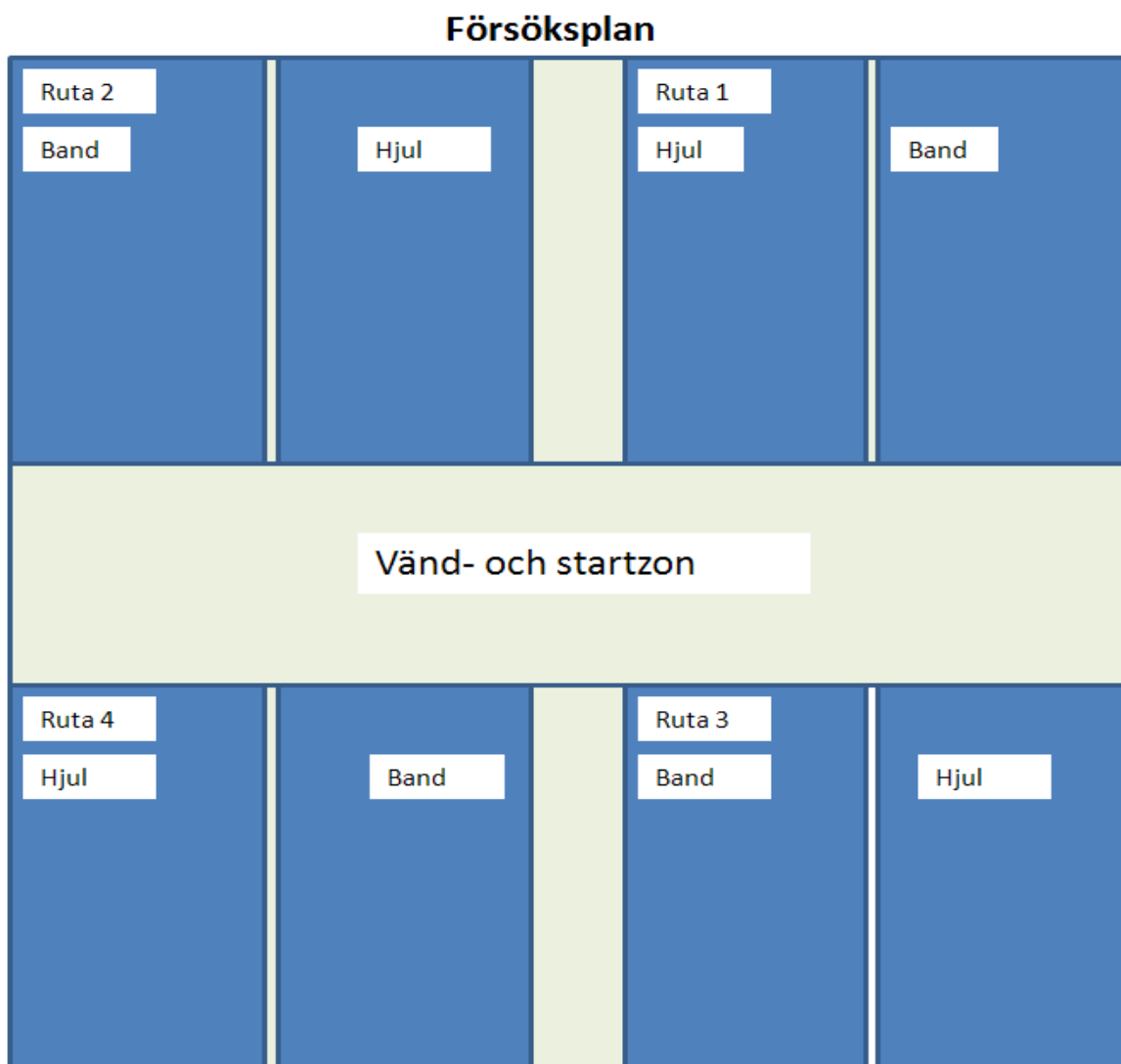
Traktorerna som användes (se Figurerna 8 och 9) var så lika som möjligt i alla avseenden förutom framdriften. De var av ungefär samma vikt- och effektklass för att ge ett rättvist resultat. Försöket syftade till att jämföra två olika koncept; ett koncept där en hjultraktor används till jordbearbetning och ett andra koncept där en bandtraktor används till samma arbete.

Försöket lades upp på en yta av 24x72 meter med fyra olika block med två led i varje; hjul och band (se Fig. 7). För att skapa en referens till våra mätningar togs ett obehandlat prov i varje block där data samlades in från de olika djupen samt att penetrometermotståndet mättes. Denna s.k. nollruta slumpades ut i blocket med hjälp av randomisering. När nollrutorna var gjorda fortsatte försöket med grävning av en provgrop efter respektive band- och hjultraktor i varje block. Vilken del av blocket som skulle köras med band respektive hjultraktor randomiserades fram. För att få fram en realistisk situation där traktorerna jobbar med lika dragkraftsuttag anlades provgropen mellan traktorn och efterredskapet. Här har bandet och hjulet jobbat med lika högt dragkraftsmotstånd, därför borde störst skillnad synas här. Gropen som grävdes var ca 50x70 cm stor till ytan och grävdes i steg ned till det slutliga djupet.

Platsen för försöket var en träda som var uppkörd med en kultivator tidigare på våren. Innan dess hade försöksplatsen inte odlats på 5 – 6 år. Jordarten bestämdes till lättlera (LL) genom ett utrullningsprov.

De maskiner som användes var en Fendt 936 på 360 hk och en CAT Challenger MT 765 B på ca 350 hk. Efter dessa traktorer hängdes samma kultivator som var en Horsch Tiger med sex meters arbetsbredd, en pinnkultivator med pinndelning på 20 cm, vilket gör att den kräver stor dragkraft.

## MATERIAL



*Fig. 7. Försöksplanen. Fyra block med två led i varje block, ett för hjul och ett för band. Det obehandlade ledet togs ut innan körning med någon av traktorerna hade skett.*



*Fig. 8. Fendt 936. Fendten väger med frontvikt ca 12 100 kg och är utrustad med däck av dimensionen 650/75 R30 fram och 710/85 R38 bak. Denna utrustning får anses vara standard i denna effektklass på hjultraktorer. Ringtrycket runt om är 1,2 bar.*





*Fig. 9. CAT Challenger MT 765 B. Challenger traktorn väger ca 13 500 kg och har ett bandstätt som är ca 760 mm brett, vilket borgar för stor anläggningsyta och bra grepp i marken. Medeltrycket under banden är  $0,38 \text{ kg/cm}^3$ .*

## PROVTAGNING

Arbetsgången var att först köra över en del av respektive försöksruta med en av traktorena med kultivatoren i arbetsläge och tvärt stanna traktorn. Detta gav en spårbildning mellan kultivatoren och traktorn som skapades under fullt dragkraftsuttag. I och med detta kunde en verklig markpåverkan undersökas.

Metoden för att mäta skrymdensitet och infiltration utgick från den metod som beskrivs av Berglund och Gustavsson (2008). För att mäta skrymdensiteten drevs stålcyllindrar ner i marken med hjälp av slägga, en cylinder på varje djup. Cylindrarna grävdes sedan fram och vägdes. Efter torkning i ugn, i  $150^\circ\text{C}$  under ett dygn, och en andra vägning av dessa cylindrar kunde en skrymdensitet för jorden räknas fram. Volymen på cylindern var känd,  $39,6 \text{ cm}^3$ .

Infiltrationen mättes genom att en större stålcyllinder drevs ned några centimeter i jorden och sedan vattenmättades ytan i botten av densamma. När jorden var vattenmättad fylldes cylindern på nytt med vatten. Med hjälp av en linjal och ett tidtagarur klockades sedan hur många millimeter vatten som försvann ner i profilen per timme och denna mätning upprepades två gånger.

Penetrometermätning gjordes med hjälp av en digital penetrometer, lånad från SLU i Alnarp, som loggade värden för varje cm djup. Penetrometern arbetade med en metallstav som trycktes ned i jorden med en konstant hastighet av ca 2 cm/s. Det motstånd den mötte i marken mättes och en kurva ritades upp. Det gjordes en mätning per ruta, konen längst ut på metallstaven var ca 1 cm<sup>2</sup> och hade en vinkel av 60°.

## RESULTAT

### VAD KOSTAR MARKPACKNINGEN?

Beräkningarna nedan har gjorts efter ett program utarbetad av Arvidsson och Håkansson (1991;1989) (se Tabell 1 och Figur 13) och grundar sig på en normal västsvensk växtföljd med stråsäd och oljeväxter. I det reducerade systemet används en sex meter bred kultivator. Den har körts två gånger innan sådd över hela arealen. Sådd har utförts med en åtta meter bred bearbetande såmaskin. Detta ger tre överfarter från stubb till nyetablerad gröda. I det plöjda systemet används en 3,2 meter bred plog och en tio meter bred harv. Fälten harvades en gång innan sådd. Sådden utfördes med en åtta meter bred bearbetande såmaskin. Detta ger samma antal överfarter i fält i de olika systemen, men med den smalare plogen packas en större del av ytan än med den bredare kultivatoren (Håkansson, 2003). I beräkningsprogrammet av Arvidsson och Håkansson (1991;1989) tas hänsyn till både ettåriga packningseffekter och mer långvariga skador som kan uppkomma under svåra förhållanden. Till de långvariga packningsskadorna räknas de som inte hjälps av en jordbearbetning till plogdjupet, ca 25 cm. De långvariga negativa effekterna räknas med som en skördeförlust utslagen på 50 år, men sett över tiden kommer olika grödor odlas och den exakta siffran är svår att beräkna (Arvidsson & Håkansson, 1991;1989).

Tabell 1. Kostnad för markpackning i olika system. Att ge en exakt kostnad för markpackningen är svårt men efter ett beräkningsprogram skapat av Arvidsson och Håkansson (1991;1989) har följande uppgifter fåtts fram. Traktorerna som användes i försöket ligger till grund för beräkningarna.

	System	kr/ha
Band	Reducerat	69
	Plöjt	120
Hjul	Reducerat	127
	Plöjt	196

I Tabell 2 har det gjorts en beräkning på vad den mindre slirningen för en bandtraktor kan spara i dieselåtgång under ett år. Förutsättningen för räkneexemplet är att de två traktorerna avverkar samma areal till samma dieselförbrukning vid slirningen 0 %. Se Tabell 2. Slirningsminskningen i procent jämföras med dieselbesparningen i procent (pers. medd., Arvidsson, 2010)

Tabell 2. Slirningen hos hjul kontra band och möjlig dieselbesparing under ett år.

	Slirning snitt/år	Körsträcka, 100 meter	Bränsle, liter/tim snitt/år	Användning, tim/år	Diesel, l/år
Hjul	10 %	110	20	1000	20000
Band	2 %	102	20*0,93=18,6	1000	18600
Besparing	8 %	7 %	1,4		1400

## FÖRSÖKET

Här redovisas de försöksdata som mättes fram under det fältförsök som gjordes. Se Figur 10, 11 och 12. Signifikansnivån är 0.05 och statistiken är utförd enligt Tukey's test.

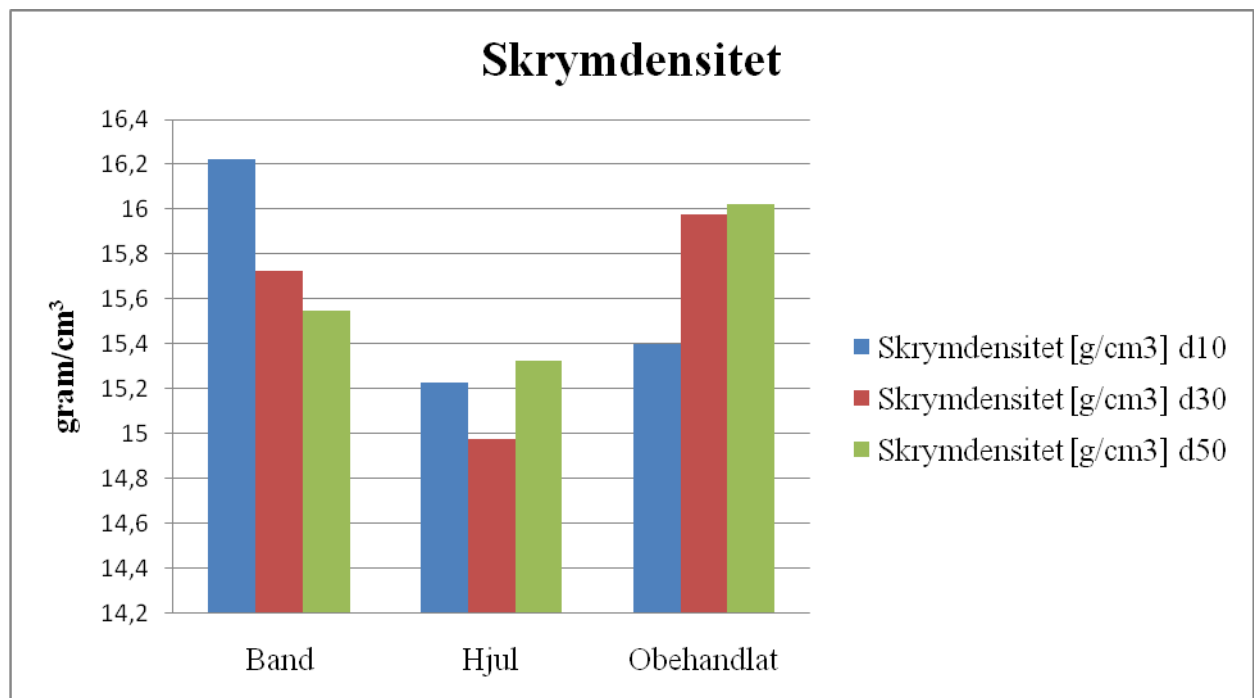


Fig. 10. Skrymdensitet [g/cm³]. Signifikant skillnad mellan hjul och obehandlat på 30 cm djup.



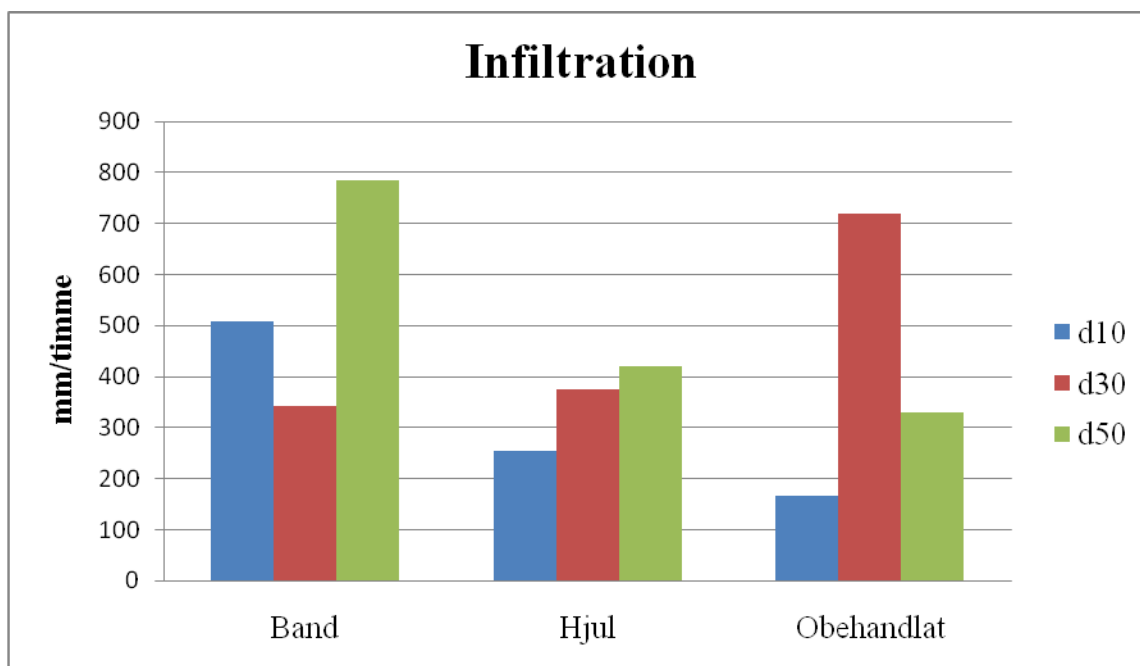


Fig. 11. Infiltrationshastighet [mm/timme]. Ingen signifikant skillnad mellan någon av behandlingarna.

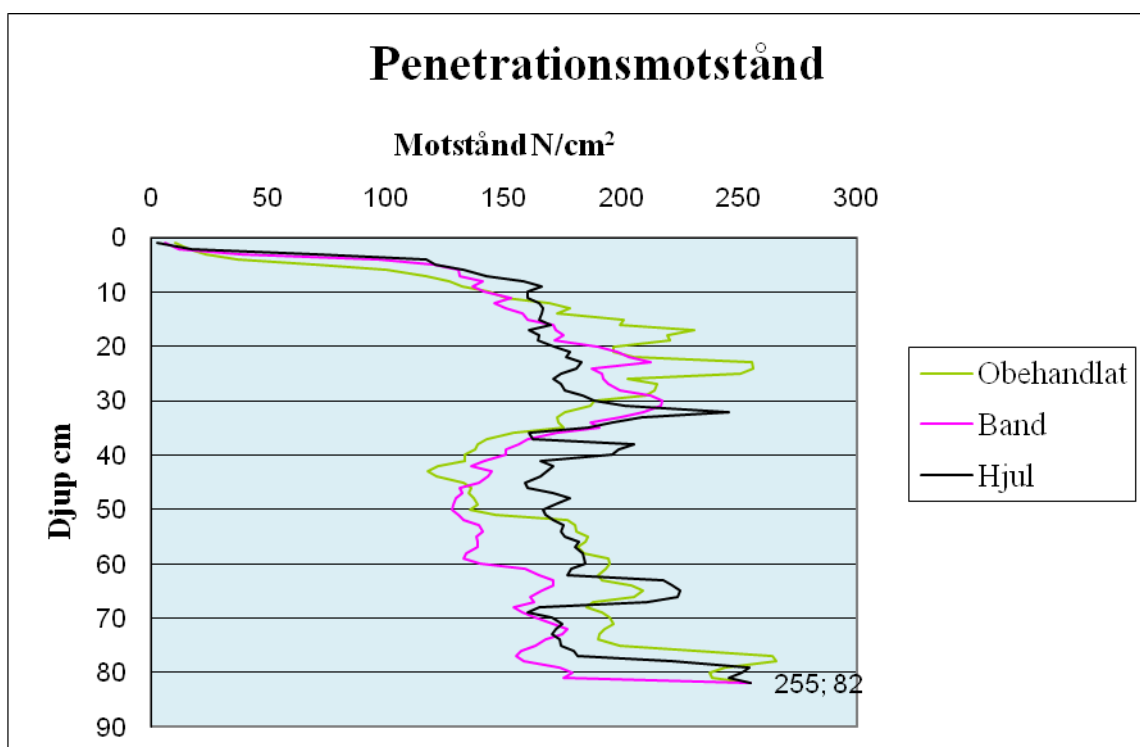


Fig. 12. Penetrometermotstånd. Inga signifikanta skillnader mellan de olika behandlingarna. Statistiken grundar sig på mätvärdena vid 10, 30 och 50 cm djup.

## KOSTNADSKALKYL

Nedan följer en kalkyl över två olika system. Traktorerna är ungefär lika stora vad gäller vikt och effekt. Inköpspriserna är hämtade från återförsäljare av respektive traktor. Dieselbesparingen som fås genom lägre slirning har tagits hänsyn till i markpackningsprogrammet från Arvidsson och Håkansson (1991;1989).

<b>Band/Hjul</b>	<b>Band</b>	<b>Hjul</b>
<b>Kostnadskalkyl</b>	<b>CAT 765 MT</b>	<b>Fendt 936</b>
Vikt kg	13 500	12 000
Å-värde	2 500 000	2 150 000
Innehav, år	8	8
Restvärde	500 000	430 000
Timmar/år	800	800
Underhållsfaktor, kr/tim*1000 kr Å	0,05	0,05
Förvaring kr/kvm	20	20
Kalkylränta	5%	5%
<b>Årlig kostnad</b>		
Värdeminskning	250 000	215 000
Ränta	75 000	64 500
Underhåll	100 000	86 000
Försäkring	3 000	3 000
Förvaring	300	300
<b>Kostnad/år</b>	<b>428 300 kr</b>	<b>368 800 kr</b>
<b>Kostnad/tim</b>	<b>535 kr</b>	<b>461 kr</b>
<b>Kostnad skadlig markpackning kr/ha</b>		
	<b>Band</b>	<b>Hjul</b>
Reducerat system	69	127
Konventionellt system	120	196
Besparing/ha		
Reducerat	58	
Konventionellt	76	
<b>Merkostnad band totalt</b>	<b>59 500 kr</b>	
[ha]	<b>Reducerat</b>	<b>Konventionellt</b>
100	53 700	51 900
500	30 500	21 500
1000	1 500	- 16 500
<b>Break-even ha för att investera i en bandtraktor istället för en hjultraktor.</b>	<b>1 026</b>	<b>783</b>

Fig. 13. En kostnadskalkyl baserad på siffror hämtade från litteraturstudien, maskinåterförsäljare, och användarnas erfarenheter. Den skadliga markpackningen har beräknats fram från modellen av Arvidsson och Håkansson (1991;1989).

## ENKÄTUNDERSÖKNINGEN

En enkätundersökning skickades ut till lantbrukare som använder sig av bandtraktorer i fält, detta för att få den praktiska bilden av erfarenheten och nyttan med traktorer på band. Kontakten med lantbrukarna togs genom olika traktoråterförsäljares kundregister, detta för att fånga upp så många användare som möjligt, även oregistrerade traktorer. 15 enkäter skickades ut och 13 svar kom tillbaka. Nedan kommer ett sammandrag av lantbrukarnas svar:

### *Hur många hektar odlas? Finns det djurproduktion på gården?*

Lantbrukarna använde traktorerna på i medeltal 920 hektar åker, spannet sträcker sig från 140 hektar potatisodling i Örebro till 2400 hektar växtodling i Skåne men med ett medianvärde kring 1000 hektar. Ett par av lantbrukarna hade djurproduktion men genomgående låg det störst fokus på växtodling på dessa gårdar. Djurproduktionen bestod i kyckling-, lamm-, gris- och nötköttsproduktion. Djur förekom hos 4 olika bönder.

### *Vilken typ av bandställ har er traktor 2-band, 4-band? Märke och modell?*

Det förekommer 3 olika system för banddrift på traktorerna som de tillfrågade lantbrukarna använder sig av. Traktor som använder sig av 2 band och svänger runt på vändtegen genom att bromsa det ena av banden. En traktor med 4 band som svänger i midjan, midjestyrd stordragare och det sista systemet är bandställ på en "vanlig" traktor som svänger på frambanden. Lantbrukarna använde främst 2-bandstraktor och 4-bands midjestyrd. Endast en av lantbrukarna använder sig av "vanlig" traktor med bandställ. Märke och modell av 2-bandstraktorn som användes var Challenger 865 B, 765B med effekt från 320 till 510 hk, även Claas och Caterpillar användes men de är endast föregångare till Challengern med liknande effekt och storlek. 7 av traktorerna var av denna typ. 4-bands traktorn är av märket Case IH Quadtrac med effekt från ca 375 hk till 535 hk. 5 av traktorerna var av denna typ. Det minst representerade systemet är bandställ på vanlig traktor av märket Soucy som skruvades på istället för hjul. Detta system satt på en John Deere 8330 på ca 280 hk.

### *Hur länge har ni kört med bandtraktor?*

De första bönderna började köra bandtraktor under mitten av 1990-talet men majoriteten började använda dessa maskiner när tekniken förfinats lite mera, bättre fjädring och körkomfort för ca 10 år senare.

### *Ange en positiv och en negativ sak som ni upplevt med bandtraktor jämfört med hjultraktor?*

Generellt anses banden ge en mjukare och behagligare gång i fält, ojämnheter planas ut under banden och slirningen minskar. Ibland anses det som ett problem när man svänger på vändtegen eftersom jordhögar rivs upp av den sidokraft som bildas under banden. Dessa jordhögar skapar merarbete vid jämning av fälten och om det finns växande gröda blir skadan ännu viktigare att minimera. Bandtraktorn blir stötigare på vägen och väghållningen är dålig enligt lantbrukarna oavsett bandsystem. En av lantbrukarna ansåg att hållbarheten var dålig. Han har sålt sitt 4-bands Soucy-system till sin originaltraktor på grund av haveri.

*Skulle ni kunna tänka er att köpa flera bandtraktorer på sikt?*

Alla lantbrukarna var positiva till bandtraktorer och kommer förmodligen köpa fler eller byta till en bandtraktor igen när det blir dags för nyare traktor. Trots en dyrare investering lockar bandtraktorn.

*Kan traktorn användas till vilket jobb som helst på gården?*

Alla lantbrukare anser att bandtraktorn inte kan användas till rena transportarbeten. Detta eftersom körkomforten är dålig och oftast går bandtraktorerna långsammare. Sprutning ansåg vissa användare vara svårt att nyttja bandtraktorerna till men detta berodde främst på att bandtraktorerna i regel var storkraftiga på gården och helt enkelt var för stora för sprutningen.

*Vilka arbetsmoment är vanligast för bandtraktorn?*

Bandtraktorn är i regel den största traktorn på gården och används främst till tung bearbetning typ kultivering av jorden inför såbäddsberedning. Detta moment kräver stor effekt och det är av yttersta vikt att markpackningen och slirningen är så låg som möjligt. Allt för att skona marken och få en bra bränsleeffektivitet. Sådd var också en vanlig arbetsuppgift, oftast används en bearbetande såmaskin som kräver stor effekt där bandtraktorn har sin givna roll. Det finns även några bönder som använder bandtraktorn som dragare till täckdikningsplog för att få fler timmar på traktorn.

*Speciell inriktning på jordbearbetningen, typ plöjningsfritt, reducerad jordbearbetning?*

Endast en av de tillfrågade bönderna använder kontinuerligt plog i sin odling, de flesta använder sig av reducerad plogfri odling. Bandtraktorerna är kraftfulla, tunga och har oftast relativt breda band som ställer till problem om plog ska användas i odlingen. On-landplöjning ses som en möjlighet men är inte motiverat då kultivatoren går fortare. Här ses ett klart samband mellan gårdarna där reducerad jordbearbetning används tillsammans med bandtraktor.

*Används traktorn till annat än jordbruksdriften, om så är fallet, till vad?*

Ett par av lantbrukarna använder sina bandtraktorer till annat än jordbruksdriften. Detta för att få fler arbetstimmar på traktorn. Det som gäller förutom jordbruksdriften är täckdikning med dikningsplog som kräver en tung dragare med stor anläggningsyta för att klara sank, vattensjuka marker.

*Har ni haft ett gott ekonomiskt utbyte av att ha en bandtraktor istället för en hjultraktor?*

Ingen av användarna ger några exakta siffror men är överens om att de tjänar pengar på minskad packning, högre effektivitet med minskad slirning. En del räknar med att en stor traktor ersätter flera mindre hjultraktorer och därför blir billigare per hektar.

*Har ni "räknat hem" traktorn (nackdel kan vara högre bränsleförbrukning per timme men istället högre avverkning per timme), liter per hektar samma?*

Generellt har böndernas kostnader per hektar minskat på grund av minskad bränsleåtgång och mindre arbetstid per hektar. Samma arbetare kan bearbeta fler hektar med en större traktor. Detta beror egentligen på att traktorn har högre effekt snarare än att den har band men en likvärdig hjultraktor blir för bred i transport och är inte aktuell. Lantbrukarna är i stort mycket nöjda med sin investering. Banden ger högre effektivitet på grund av bättre utnyttjande av traktorns effekt då slirningen är minimal till skillnad mot hjul som ger högre slirning.

*Kan ni se några läglighetseffekter utav bandtraktorn? (Möjlighet att köra under mer optimala förhållanden.)*

Här är bönderna lite kluvna, en del anser att de blir effektivare i fält och därför kan köra under mer optimala förhållanden. Men det finns också en grupp som inte säger sig få några förändringar i läglighetseffekten. En användare har en intressant tanke och drar en parallell mellan slirningen och extra tidsåtgång. Han menar på att 5-10% slirning ger samma procent i tidsförlust och när bandtraktorn slirar mindre blir också tidsbesparningen högre. På en traktor som används 500 timmar per år ger det en besparing på mellan 25-50 timmar. Det anses också som en fördel att det blir lättare att flytta traktorn mellan fälten då den totala bredden med band minskar mycket i jämförelse med dubbelmontage. Användarna ser det lättare att flytta på nattetid med band då dessa går innanför vägbanan och inte kör ner t.ex. postlådor.

*Används bandtraktorn till transport?*

Bandtraktoreorna används i störst utsträckning för egentransport mellan fält och sällan för rena vägtransporter. En användare säger att han kommer använda sig av bandtraktorn för transport från betupptagaren till stuka men denna transport sker oftast inom fältet där banden upplevs mjukare.

*Körkomfort och väghållning vid transport?*

De bandtraktorer som används idag anses var stötiga i körupplevelsen under vägtransport. Det är en teknisk fråga som hela tiden utvecklas vilket gör nyare bandtraktorer mjukare och bättre i vägkomforten än tidigare serier enligt en användare. Traktorn anses däremot vara mycket smidigare än jämförbar hjultraktor på grund av dess smala transportbredd. Bandtraktorn är ca 3 meter bred medan en hjultraktor med dubbelmontage hamnar runt 4,5 meter, vilket gör det svårt att komma fram genom trånga passager som kan finnas mellan fälten.

## DISKUSSION

### LITTERATURSTUDIEN

Att skadlig markpackning hänger samman med skördebortfall är välkänt. Att ställa detta problem kopplat till traktorns framdrivning har inte varit helt lätt, men vi tycker oss kunna peka på att en traktor med band har positiva egenskaper som minskar markpackning förutsatt att den används på ett korrekt sätt och under goda väderbetingelser. Något som givetvis också gäller för hjultraktorn men att denna med sin högre slirning och högre marktryck (mindre anläggningsyta) kan ge ett sämre ekonomiskt utfall. Enligt beräkningsmodellen utformad av Arvidsson och Håkansson (1989;1991) ger bandtraktorn med sin större anläggningsyta lägre markpackning och därmed mindre skördeförlust orsakad av skadlig markpackning.

Samtidigt har det framkommit under studien att däckets kräver en viss slirning för att ge maximal dragkraft. Det viktiga i det här sammanhanget är en god balans mellan förhållandet; hjulvikt och däckets bredd. Med banden uppnås ett högre dragkraftsuttag till en lägre slirning vilket sparar tid, pengar och miljö. Eventuellt kan bandtraktorerna byggas lättare och ändå ta ut en större dragkraft.

### FÖRSÖKET

Med resultaten från vårt egna försök i fält kunde vi inte se några skillnader som skulle vara till bandens fördel. Det verkar som att vår försöksplats med dess goda markstruktur och körning under relativt torra förhållanden vid tidpunkten för försöksgenomförandet, spelade större roll för hur markens packas än vilken typ av framdrivningssätt som traktorn har. Att en god markstruktur har en positiv inverkan på infiltrationen av vatten, tillsammans med många och stora maskgångar är en viktig faktor för jordens goda kondition. Det kan tyckas märkligt att vi fick ganska dålig infiltration i en av våra ”nollrutor”, något som möjligen kan förklaras genom att det körts vid upprepade tillfällen över just detta ställe på fältet under våren 2010. En annan aspekt är att markens egenskaper varierar över fältet och att fler upprepningar borde ha gjorts för att få ett säkrare statistiskt resultat. Än en gång kan det konstateras att körning under sämre väderförhållanden (fältet var uppkört tidigare under våren) och antalet överfarter spelar stor roll för hur skadlig markpackning uppstår.

Försökets upplägg hade kanske varit mer rättvisande om platsen för genomförandet varit ett fält som odlas årligen. I vårt fall hade inte fältet odlats på 5 - 6 år, det var dock uppkört med en kultivator för en kommande etablering av viltgröda. En annan sak som framkom i efterhand var att det borde genomförts fler penetrometerstick än vad som gjordes. Med fler upprepningar per led hade kurvorna blivit mer mjuka, inte så hackiga, och eventuella felkällor som småsten och rötter som ökade motståndet hade kunnat sällas bort. Dessutom var spetsen på penetrometern sliten, men detta spelar kanske mindre roll i sammanhanget, då samma spets användes vid alla penetrometerstick.

Fler block hade gett ett bättre statistiskt underlag. Fyra block är ett minimum, för vår del var tiden en begränsande faktor och därför valdes fyra block. Detta var vad vi hann arbeta med under en hel dag ute i fält.

Andra försök har visat att det finns en fördel med band ur markpackningssynpunkt, ett sådant försök visar också att skillnaderna mellan band och dubbelmontage på en hjultraktor är små. Enligt Arvidsson & Westlin (2010) tenderade band ge ett lägre tryck än dubbelmontage i matjorden medan skillnaderna i alven var försumbara. Penetrometermotståndet var ungefär likvärdigt mellan band och dubbelmontage. En hjultraktor med enkelhjul skiljde sig mer markant både ur markpackningssynpunkt och genom högre slirning. I detta försök användes ett bandställ av typen 4-band som eftermonteras på en hjultraktor och traktorerna var viktade exakt lika.

## FRÅGEFORMULÄRET

Det står nu ganska klart för oss att marknaden för bandtraktorer i Sverige är större än vi först hade räknat med. För att få reda på mer om bandtraktorns användbarhet skickade vi ut ett frågeformulär till 15 olika gårdar i landet. Dessa 15 användare hittades genom olika maskinåterförsäljare för bandtraktorer i Sverige. Bandtraktorer som är hemmabyggen eller importerade för privat räkning har vi inte lyckats ringa in i vår undersökning.

Med detta i bakhuvudet började arbetet bli mer och mer intressant. Nu var frågan om dessa användare kunde se en ekonomisk vinning av sin investering. Eller fanns det andra fördelar som vägde över för ett köp av en bandtraktor istället för en hjultraktor.

Att fråga en användare av ett specifikt system tenderar att ge mer positiva svar än vad som egentligen är rimligt. Vi kan inte på något sätt motsäga användarnas erfarenheter, det fanns dessutom ett negativt svar från en av lantbrukarna som handlade om dålig hållbarhet på bandstället. Men det är bra att ha i bakhuvudet att det egna systemet framhålls som väldigt positivt och därmed bättre än ett annat, t.ex. hjul i detta fall.

En sak som kunde gjorts bättre med vårt frågeformulär hade varit att testa frågorna på en testgrupp innan utskick. Det enda problemet med detta var att vår testgrupp var hela vår målgrupp eftersom antalet användare utav bandtraktorer är ganska få.

## SLUTSATSER

- Bandtraktorer kan anses ekonomiskt försvarbara gentemot hjultraktorer genom den lägre slirningen. Vilket ger bl.a. bättre bränsleutnyttjande. Dock krävs stor areal, mer än 780 ha i konventionell odling, innan bandtraktorn ger ett gott ekonomiskt utbyte.
- En god markstruktur och körning under torra förhållanden är viktigt ur markpackningssynpunkt, i vårt eget försök verkar detta spela störst roll. Andra försök visar dock att band har en fördel gentemot hjultraktorer med enkelhjul genom en lägre packningsgrad.
- Bandtraktorn har en fördel genom sin smala spårvidd. Den har redan sitt ”dubbelmontage” fast på längden (som en av användarna uttryckte det).
- Bandtraktorer används mest i plöjningsfria odlingssystem. Därför kan det vara svårt att se den ekonomiska fördelen med just bandtraktorer annat än att dragförmågan är mycket god och att redskapen kan utnyttjas till fullo. Något som kan vara begränsande för hjultraktorn.
- Bandtraktorer kan användas även i plöjda system men har vissa svagheter gentemot hjultraktorer i flexibilitet.
- Vid transport var användarna ganska samstämmiga i att bandtraktorer var sämre än hjultraktorer vad gäller komforten.
- Plöjning är fortfarande ett moment som många verkar tro är svår genomfört med en bandtraktor.
- För att få ner markpackningen avsevärt med en hjultraktor är lågt ringtryck och däcksutrustning med stor anläggningsyta av betydelse. Kör aldrig med högre ringtryck än nödvändigt.
- Försök har visat att on-landplöjning har en mycket positiv inverkan på minskad markpackning. Här spelar valet av understöd (band eller hjul) mindre roll, det viktiga är att få upp traktorn ur fåran. (Arvidsson och Trautner, 1991;1989)



## REFERENSER

### SKRIFTLIGA

Ansorge, D. & Godwin, R.J. (2009). Soil density increases resulting from alternative tire and rubber tracks configurations in laboratory and field conditions. Cranfield, Bedfordshire, UK: Cranfield University.

Arvidsson, J. & Gustafson, K. (2010). Jordbearbetningsredskapens arbetssätt och dragkraftsbehov. Alnarp: SLU. Kurskompendium, Växtodling 2.

Arvidsson, J., Gustafson, K. & Keller, T. (2003). Dragkraftsbehov för plog, kultivator och tallriksredskap vid olika markvattenhalter. Uppsala: SLU. Institutionen för markvetenskap. Rapporter från jordbearbetningsavdelningen. ISSN 0348-0976 ISRN SLU-JB-R--106—SE

Arvidsson, J. Bölenius, E. Keller, & T. Trautner, A. (2003). Tekniska lösningar för minskad alvpackning. Uppsala: SLU. FAKTA Jordbruk nr. 3.

Arvidsson, J., Håkansson, I. (1989). En beräkningsmodell för skador av jordpackning. Växjö. Medd. från södra försöksdistriktet nr. 34.

Arvidsson, J., Håkansson, I. (1991). A model for estimating crop yield losses caused by soil compaction. Soil Tillage Research. Nr 20, 319-332.

Arvidsson, J. & Trautner, A. (2002). Stress distribution and soil displacement under a rubber-tracked and a wheeled tractor during ploughing, both on-land and within furrows. Uppsala: SLU. Institutionen för markvetenskap.

Arvidsson, J. & Westlin, H. (2010). Band eller hjul?. Lantmannen. Nr 04, 14-17.

Berglund, K. & Gustafson, A. (2008). Markstrukturtest i fält. Uppsala: SLU, institutionen för markvetenskap. Rapport 8.

Håkansson, I. (2000). Packning av åkermark och maskindrift. Omfattning – effekter – motåtgärder. Uppsala: SLU. Rapport från Jordbearbetningsavdelningen, nr. 99.

Lundberg, M. & Wellander, J. (2010). Undvik markpackning. HS Konsult AB. Rapport Praktiska råd greppa näringen nr 14:1.

Nilehn, A. (2009). Mindre förbrukning med band. NilehnTeknik. Nr 01, 20.

Turner, R.J. (1993). Tracks versus wheels which is for you?. Alberta: Alberta farm machinery research centre Alberta agriculture.

Wernhoff, R. (2009). Examensarbete. Packningsrisk med bandtraktorer. Alnarp: SLU, fakulteten för landskapsplanering, trädgårds- och jordbruksvetenskap, LTJ.  
Greppa – greppa näringen. Hemsida. [online] (2010-04-12) Tillgänglig:  
<http://www.greppa.nu/uppslagsboken/markbordighet/markpackning/tryckfordelning/trycket.4.1c0ae76117773233f7800013145.html> [2010-04-28]

Jordbearbetning. Hemsida.[online] (2010-05-03) Tillgänglig:  
<http://www.jordbearbetning.se/> [2010-05-03]

## MUNTLIGA

Arvidsson, Johan, Agronom, SLU. Uppsala. 30 maj 2010.

Dahlqvist, Johan, Produktansvarig, Challenger Maskingruppen. Ängelholm. 28 april 2010.

Gerdtsen, Anders, Ägare och lantbrukare, Lunnarp 572. Dalby. 29 april 2010.

Lenander, Bo, Field Engineering Manager, Trelleborg Industri AB Forest & Farm Tires. Trelleborg. 26 april 2010.

## BILAGOR

### FRÅGEFORMULÄRET

Enkätundersökning i syfte att få upp ögonen för bandtraktorer i Sverige och som underlag för examensarbetet – ”Bandtraktorer; något för framtiden?” inom lantmästarprogrammet. Vi är två lantmästarstudenter som skickar ut denna enkätundersökning för att få ytterligare underlag till vårt examensarbete. Vi hoppas att ni vill ta er tid att svara på frågorna nedan, det hade varit till stor hjälp för oss i vårt fortsatta arbete. Vi önskar få in svaren senast den 31 mars, använd er av det bifogade kuvertet och frimärket. Tack på förhand John och Mattias.

1. Hur många hektar odlas? Finns djurproduktion på gården?
2. Vilken typ av bandställ har er traktor 2 band, 4 band? Märke och modell?
3. Hur länge har ni kört med bandtraktor?
4. Ange en positiv och negativ sak som ni upplevt med bandtraktor jmf. med hjultraktor?
5. Skulle ni kunna tänka er att köpa fler bandtraktorer på sikt?
6. Kan traktorn användas till vilket jobb som helst?
7. Vilket arbetsmoment är vanligast för bandtraktorn?
8. Speciell inriktning på jordbearbetningen, typ plöjningsfritt, reducerad jordbearbetning?
9. Används traktorn till annat än jordbruksdriften om så är fallet, till vad?
10. Har ni haft ett gott ekonomiskt utbyte av att ha en bandtraktor istället för en hjultraktor?
11. Har ni ”räknat hem” traktorn? (nackdel kan vara högre bränsleförbrukning per timme men istället högre avverkning per timme) Liter diesel per hektar densamma?
12. Kan ni se några läglighetseffekter utav bandtraktorn? (Möjligheten att köra under mer optimala förhållanden.)
13. Används bandtraktorn till transport?
14. Körkomfort och väghållning vid transport?